

露光装置及び露光方法

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

【0001】 本発明は、半導体集積回路、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD等）、その他のマイクロデバイス等を、リソグラフィ技術を用いて製造する際に使用される露光装置及び露光方法に関する。

2. Description of the Related Art

【0002】 半導体素子等のマイクロデバイスの製造に際しては、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介してフォトリジストが塗布された半導体ウエハやガラスプレート等の感光基板に露光転写するために露光装置が用いられる。

【0003】 感光基板は、露光処理を実施する前に、投影光学系の光軸に直交する面内でXY方向に位置決めされる。また、感光基板の表面を投影光学系の像面に対して合わせ込むフォーカス調整が行われる。

【0004】 マスクを載置して移動するレチクルステージや感光基板を載置して移動する基板ステージには、マイクロデバイスの高集積化の進展に伴い、数ナノメートルの位置決め精度が要求されるようになってきている。

【0005】 このような高精度ステージの位置の計測装置としては、要求される分解能、応答帯域などから、レーザ干渉計（レーザ測長干渉計）を使用するのが一般的である。このレーザ干渉計は、波長安定化されたレーザ光源から射出されたレーザビームをビームスプリッタで2つに分割し、分割された一方のビームをステージに固定された移動鏡（反射鏡）に照射し、他方のビームを投影光学系の鏡筒、又は投影光学系を支持する架台等の固定部分に設置した参照鏡（反射鏡）に照射し、各々反射したビームを干渉させ、その干渉信号からステージの位置を精密に測定するものである。

〔0006〕 このレーザ干渉計は、ウエハ又はマスクを載置するテーブルの側面等に設けられた反射鏡にレーザビームを照射する必要があることから、その干渉光学系（レーザ干渉計の構成部分のうち前記反射鏡に対向して配置される部分（以下、この部分をもレーザ干渉計という場合がある。）を設置する位置の設定にはあまり自由度が無く、ステージに対して水平方向に相対する位置に置かざるを得ない。

〔0007〕 レーザ干渉計の測定誤差の最大の要因は、レーザビームの光路の屈折率の揺らぎである。特に温度変化による屈折率変動が主要因で、標準空気の場合、1度の温度変化で約1ppmの屈折率変化が生じる。例えば0.01度の変化があっただけで、300mmのウエハの両端で3nmの誤差を生じることになり、問題となってくる。

〔0008〕 また、感光基板の表面の投影光学系の像面に対する合わせ込みは、感光基板の表面に斜めに露光光の波長と異なる波長の検出光を照射し、その反射光を光電検出して、その検出結果が所定の基準に一致するように感光基板のZ方向（投影光学系の光軸に沿う方向）の位置及び傾きを自動調整するようにした斜入射光式のフォーカス調整装置（AF装置）を用いて行われる。

〔0009〕 このようなAF装置においても、前記レーザ干渉計の場合と同様に、必然的に設置位置に関する自由度は小さく、また、検出光の光路の温度揺らぎによる精度の劣化を回避する必要がある。

〔0010〕 このため、従来は、高精度に温度調節された空気（気体）を、レーザ干渉計やAF装置の検出光の光路に送風することにより、検出光の光路上の温度揺らぎの発生を抑制するようにしている。

〔0011〕 しかしながら、上述したような検出光の光路の温度揺らぎに伴う屈折率変化は、上述した温度調節された空気の送風によって緩和されるものの、かかる送風気流上には、上述したレーザ干渉計やAF装置を支持するための支持部材が必然的に存在しており、かかる支持部材は、例えば、投影光学系を支持する架台に固定されているため、その架台から該支持部材を介して熱が回り込んでしまい、依然として、検出光の光路に温度揺らぎが生じ、高精度な計測の障害となっている。このため、精度の高いパターンの形成が行えない場合があるという

問題があった。

SUMMARY OF THE INVENTION

[0012] よって、本発明の目的は、基計測装置の検出光の光路上に温度揺らぎが発生することを十分に防止し、マイクロデバイス等の微細化、高精度化に対応することができる露光装置及び露光方法を提供することである。

[0013] 本発明の第1の観点によると、計測用光学系を介して被計測物体に対して計測用の光ビームを出射して該被計測物体の位置に関する情報を計測する計測装置と、前記計測用光学系を保持する保持部材と、前記保持部材の温度を調節する温度調節装置とを備えた露光装置が提供される。

[0014] 本発明の露光装置によると、保持部材の温度と該保持部材が存在する周辺空間の温度をほぼ一致させることが可能である。従って、露光装置に備わるレーザ干渉計やAF装置等の検出系に当該温度揺らぎによる誤差を生じることが少なくなり、マスクの移動や位置決め、基板の移動や位置決め、これらの姿勢制御等を高い精度で行うことができるようになる。これにより、微細パターンを高精度で転写形成することができ、性能や信頼性の高いマイクロデバイス等を製造することができるようになる。

[0015] 本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記光ビームの光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置と、前記気体供給装置による気体の温度と前記保持部材の温度とがほぼ一致するように、前記温度調節装置及び前記気体供給装置の少なくとも一方を制御する制御装置とを更に備えることができる。

[0016] 本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記被計測物体が配置される空間内で前記光ビームの光路に温度調節された気体を供給する気体供給装置を更に備えることができ、前記計測用光学系を含む前記保持部材の少なくとも一部を前記空間内に設けることができる。この場合において、前記温度調節装置と前記気体供給装置との少なくとも一方を用いて、前記気体の温度と前記空

間内に設けられる前記保持部材の少なくとも一部の温度とをほぼ一致させるようにできる。

【0017】 本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記被計測物体を、パターンが形成されたマスク、前記パターンが転写される基板、又はこれらの双方とすることができる。

【0018】 前記被計測物体が前記マスク又は前記基板である場合において、前記計測装置として、前記被計測物体が載置されるステージに前記光ビームを照射する干渉計を含むものを採用することができる。この場合において、前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系を更に備えることができ、前記計測装置として、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサを含むものを採用することができる。

【0019】 前記被計測物体が前記マスク又は前記基板である場合において、前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系を更に備えることができ、前記計測装置として、前記被計測物体が載置されるステージに前記光ビームを照射する干渉計、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサ、及び前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサの少なくとも1つを含むものを採用することができる。この場合において、前記投影光学系が載置される架台を更に備えることができ、前記保持部材を前記架台に固定するようにできる。

【0020】 前記温度調節装置としては、前記保持部材に取り付けられる熱交換部材と、前記熱交換部材の内部で温度調節された流体を循環させる循環装置とを有するものを採用することができる。

【0021】 本発明の第2の観点によると、第1物体に照射される照明光を第2物体上に投射する投影光学系を備えた露光装置において、前記投影光学系が固定される架台と、前記架台に少なくとも一部が設けられ、被計測物体に対して計測用ビームを照射してその位置に関する情報を計測する計測装置と、前記計測装置の前記架台に設けられた部分または当該部分を保持する保持部材の温度を調節する温度調節装置とを備えた露光装置が提供される。

【0022】 本発明の第2の観点に係る露光装置において、前記計測用ビーム

の光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置を更に備えることができ、前記計測装置の前記架台に設けられた部分は前記空間内で前記保持部材に保持されるとともに、前記温度調節装置と前記気体供給装置との少なくとも一方によって、前記気体の温度と前記計測装置の前記架台に設けられた部分または当該部分を保持する保持部材の温度とをほぼ一致させるようにできる。

【0023】 前記被計測物体を、前記第1及び第2物体の少なくとも一方とし、前記計測装置として、前記被計測物体が載置されるステージに前記計測用ビームを照射する干渉計、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサ、及び前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサの少なくとも一つを含むものを採用することができる。

【0024】 この場合において、前記計測装置は少なくとも前記干渉計を含むことができ、前記干渉計として、前記投影光学系の光軸と直交する面内での前記ステージの位置情報と、前記光軸と平行な方向に関する前記投影光学系と前記ステージとの相対的な位置関係とを検出するものを採用することができる。

【0025】 本発明の第3の観点によると、第1物体のパターンを第2物体上に転写する露光装置において、計測用ビームを照射して被計測物体の位置に関する情報を計測する計測装置と、前記計測用ビームの光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置と、前記計測装置の少なくとも一部を前記空間内で保持する保持部材と、前記空間内で前記気体の温度と前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度とをほぼ一致させる温度調節装置とを備えた露光装置が提供される。

【0026】 本発明の第3の観点に係る露光装置において、前記被計測物体を、前記第1及び第2物体の少なくとも一方とし、前記計測装置として、前記被計測物体が載置されるステージに前記計測用ビームを照射する干渉計を含むものを採用することができる。

【0027】 この場合において、前記被計測物体が前記第1物体又は第2物体である場合において、前記保持部材を、前記ステージが配置されるベース部材とは分離して設けられる架台に固定するようにできる。また、前記第1物体のパターンを前記第2物体上に投影する投影光学系を更に備えることができ、この場合

に、前記干渉計として、前記投影光学系の光軸と直交する面内での前記ステージの位置情報と、前記光軸と平行な方向に関する前記投影光学系と前記ステージとの相対的な位置関係とを検出するものを採用し、あるいは前記計測装置として、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサと、前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサとの少なくとも一方を含むものを採用することができる。

〔００２８〕 前記温度調節装置としては、前記気体の温度と、前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度との両方を独立に調節可能であるものを採用することができる。

〔００２９〕 本発明の第４の観点によると、パターンを有する第１物体を介して照明光で第２物体を露光する方法において、前記第２物体の位置情報の計測に用いられる計測用ビームの光路を含み、温度調節された気体が供給される空間内で、前記計測用ビームを射出する計測装置の少なくとも一部または当該部分を保持する保持部材の温度と前記気体の温度とをほぼ一致させるとともに、前記計測された位置情報に基づいて前記第２物体を移動する露光方法が提供される。

〔００３０〕 この場合において、前記計測用ビームの光路又はその近傍で前記気体の温度を計測し、前記計測された温度に基づいて前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度と前記気体の温度との少なくとも一方を調整するようにできる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

〔００３１〕

図１は本発明の実施形態に係る露光装置の全体構成の概略を示す図、

図２は本発明の実施形態に係る露光装置の要部構成を示す図、

図３は図２中の矢印Ａ方向から見たレーザ干渉計の近傍の構成を示す図、

図４ａは本発明の実施形態のヒートシンクの構成を示す平面図、

図４ｂは本発明の実施形態のヒートシンクの構成を示す側断面図、

図5は本発明の実施形態の温度制御系の構成を示す図である。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

【0032】 以下、本発明の実施形態に係る露光装置について図面を参照して詳細に説明する。図1は本実施形態の投影露光装置の概略構成を示す図である。この露光装置はステップ・アンド・スキャン方式の縮小投影型露光装置である。

【0033】 尚、以下の説明においては、図1中に示されたXYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ直交座標系は、X軸及びY軸が紙面に対して平行となるよう設定され、X軸が紙面に対して垂直となる方向に設定されている。図中のXYZ直交座標系は、実際にはXY平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。

【0034】 この露光装置11は、照明光源12として、KrFエキシマレーザ（発振波長248nm）を備えている。照明光源12からパルス発光されたレーザビームLBは、ビーム整形光学系13に入射される。ビーム整形光学系13は、シリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成され、これらにより、後続のフライアイレンズ16に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。

【0035】 ビーム整形光学系13から射出されたレーザビームは、エネルギー変調器14に入射される。エネルギー変調器14は、エネルギー粗調器及びエネルギー微調器等から構成されている。エネルギー粗調器は、回転自在なレボルバ上に透過率（ $= (1 - \text{減光率}) \times 100 (\%)$ ）の異なる複数個のNDフィルタを配置したものであり、そのレボルバを回転することにより、入射するレーザビームLBに対する透過率を100%から複数段階で切り換えることができるようになっている。なお、そのレボルバと同様のレボルバを2段配置し、2組のNDフィルタの組み合わせによってより細かく透過率を調整できるようにしてもよい。一方、エネルギー微調器は、ダブル・グレーティング方式、または傾斜角可変の2枚の平行平板ガラスを組み合わせた方式等で、所定範囲内でレーザビーム

LBに対する透過率を連続的に微調整するものである。ただし、このエネルギー微調整器を使用する代わりに、照明光源12の出力変調によってレーザービームLBのエネルギーを微調整してもよい。

〔0036〕 エネルギー変調器14から射出されたレーザービームLBは、光路折り曲げ用のミラー15を介してフライアイレンズ16に入射する。フライアイレンズ16は、後続のレチクルRを均一な照度分布で照明するために多数の2次光源を形成する。なお、オブティカルインテグレータ（ホモジナイザー）としてのフライアイレンズ16を用いる代わりに、ロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）あるいは回折光学素子等を採用することができる。

〔0037〕 フライアイレンズ16の射出面には照明系の開口絞り（いわゆる σ 絞り）17が配置されており、その開口絞り17内の2次光源から射出されるレーザービーム（以下、「照明光IL」と呼ぶ）は、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッタ18に入射し、ビームスプリッタ18を透過した照明光ILは、リレーレンズ19、20を介してコンデンサレンズ21へ入射する。

〔0038〕 リレーレンズ19とリレーレンズ20との間には、固定スリット板22及び四枚の可動ブラインドを有するレチクルブラインド23が配置されている。固定スリット板22は、矩形の開口部を有し、ビームスプリッタ18を透過した照明光ILは、リレーレンズ19を経て固定スリット板22の矩形の開口部を通過するようになっている。この固定スリット板22は、レチクルのパターン面に対する共役面の近傍に配置されている。

〔0039〕 レチクルブラインド23はそれぞれ独立して可動する四枚の可動ブラインド（遮光板）を有し、固定スリット板22の近傍に配置されている。走査露光の開始前に可動ブラインド23を移動して適宜な位置に設定し、あるいは走査露光中に可動ブラインドを適宜に移動することにより、不要な部分（レチクルパターンが転写されるウエハW上のショット領域以外）の露光を防止することができるようになっている。

〔0040〕 固定スリット板22及びレチクルブラインド23を通過した照明光ILは、リレーレンズ20及びコンデンサレンズ21を経て、レチクルステージ24上に保持されたレチクルR上の矩形の照明領域を均一な照度分布で照明す

る。レチクルR上の照明領域内のパターンを投影光学系PLを介して投影倍率 α (α は例えば $1/4$, $1/5$ 等)で縮小した像が、フォトリソが塗布されたウエハ(感光基板)W上に投影露光される。

【0041】 このとき、レチクルステージ24はレチクルステージ駆動部25によりY方向に走査される。レチクルステージ24の位置は、レチクルステージ24に固定された反射鏡26及びレーザ干渉計等を備えて構成される計測装置27により計測される。走査時には該計測装置27からレチクルステージ24のY座標がステージコントローラ28に供給され、ステージコントローラ28は供給された座標に基づいてレチクルステージ駆動部25を介して、レチクルステージ22の位置及び速度を制御する。なお、図示していないが、反射鏡26はX方向に沿って延びる反射面とY方向に沿って延びる反射面とを有する。そして、X方向に沿って延びる反射面の代わりに、少なくとも1つのコーナーキューブ型ミラーを用いてもよい。

【0042】 一方、ウエハWは、不図示のウエハホルダを介してウエハステージ29上に載置される。ウエハステージ29は、Zステージ(ウエハテーブル)30と、Zステージ30が載置されるXYステージ31とを有している。XYステージ31は、X軸方向及びY軸方向にウエハWの位置決めを行うとともに、Y軸方向にウエハWを走査する。

【0043】 Zステージ30は、ウエハWのZ軸方向の位置(フォーカス位置)を調整するとともに、XY平面に対するウエハWの傾斜角を調整する機能を有する。ウエハステージ29の位置は、Zステージ30に固定された反射鏡32及びレーザ干渉計等を備えて構成される計測装置33により計測される。この計測装置33により計測されるウエハステージ29(ウエハW)のX座標、及びY座標がステージコントローラ28に供給され、ステージコントローラ28は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動部34を介してXYステージ31の位置及び速度を制御する。なお、図示していないが、反射鏡32はX方向に沿って延びる反射面とY方向に沿って延びる反射面とを有する。

【0044】 ステージコントローラ28の動作は、不図示の装置全体を統轄制御する主制御系によって制御されている。そして、走査露光時には、レチクルR

がレチクルステージ24を介して+Y軸方向（または-Y軸方向）に速度 V_R で走査されるのに同期して、XYステージ31を介してウエハWは-Y軸方向（又は+Y軸方向）に速度 $\alpha \cdot V_R$ （ α はレチクルRからウエハWに対する投影倍率）で走査される。

【0045】 Zステージ30上のウエハWの近傍に光電変換素子からなる照度むらセンサ35が常設され、照度むらセンサ35の受光面はウエハWの表面と同じ高さに設定されている。照度むらセンサ35としては、遠紫外で感度があり、且つ照明光ILを検出するために高い応答周波数を有するPIN型のフォトダイオード等が使用できる。照度むらセンサ35の検出信号が不図示のピークホールド回路、及びアナログ/デジタル（A/D）変換器を介して露光コントローラ36に供給されている。

【0046】 ビームスプリッタ18で反射された照明光ILは、集光レンズ37を介して光電変換素子よりなるインテグレートセンサ38で受光され、インテグレートセンサ38の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を介して出力DSとして露光コントローラ36に供給される。インテグレートセンサ38の出力DSと、ウエハWの表面上での照明光ILの照度（露光量）との相関係数は予め求められて露光コントローラ36内に記憶されている。露光コントローラ36は、制御情報TSを照明光源12に供給することによって、照明光源12の発光タイミング、及び発光パワー等を制御する。露光コントローラ36は、さらにエネルギー変調器14での減光率を制御し、ステージコントローラ28はステージ系の動作情報に同期してレチクルブラインド23の開閉動作を制御する。

【0047】 上述した露光装置のレチクルステージ24やウエハステージ29では、計測装置27、33の一部を構成する反射鏡26、32はステージ24、30に固定されているものとしたが、ステージの端面を鏡面加工等することにより反射鏡を構成するようにしてもよい。また、反射鏡32を含む計測装置33は、図1ではY軸方向の位置を計測するように図示されているが、X方向にも同様に設けられている。

【0048】 次に、図2を参照して、本実施形態の露光装置の要部構成につい

て説明する。図示は省略しているが、この露光装置は、その主要部（レチクルR、投影光学系PL、ウェハWが配置される部分及び照明光学系の一部）が、環境チャンバ（温調チャンバ）内に收容されている。環境チャンバ（図5の55）は、天板及び側板を有する箱状体であり、この露光装置が設置されるクリーンルームよりも良好な環境を実現するための装置である。

〔0049〕 環境チャンバの内部には架台42が設けられており、架台42の水平部（隔壁部）によって、環境チャンバの内部空間が上部空間（レチクル室）と下部空間（ウェハ室）に分割されている。

〔0050〕 環境チャンバは塵や埃等の粒子が装置に付着するのを防止するとともに、環境チャンバの内部空間を所定の温度範囲内となるように温度制御する。環境チャンバ内では、通常のクリーンルームよりも精度の高い温度制御がなされており、例えば、クリーンルームの温度制御が $\pm 2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ の範囲であるのに対して、環境チャンバ内では $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 程度に保たれる。なお、図示していないが、架台42は防振機構を介してクリーンルームの床又はフレームキャスタ上に設置される。また、XYステージ31が配置されるベース部材41は、不図示の防振機構を介して床又はフレームキャスタ上に配置され、あるいは不図示の固定部材を介して架台42に吊り下げられている。

〔0051〕 架台42の水平部には貫通穴42aが形成されており、この貫通穴42aを貫通するように、円環状のフランジ部43aを有する略筒状の支持部材43が配置されている。この支持部材43は、後述するAF装置49、50（図1では図示省略）を支持するための部材であり、架台42に円環状の台座部材44を介して取り付けられている。

〔0052〕 支持部材43には、投影光学系PLが挿入された状態で固定されている。投影光学系PLは、その鏡筒の外周部上であって光軸方向の中央部近傍に円環状のフランジ部45を有しており、その下側の部分が支持部材43内に挿入された状態で、支持部材43のフランジ部43aに円環状の台座部材46を介して取り付けられている。

〔0053〕 ウェハステージ29（ウェハW）の位置を計測する計測装置33（図1参照）は、レーザ干渉計（干渉光学系）47を備えており、このレーザ干

渉計は、支持部材 4 8 を介して架台 4 2 の水平部の下側の所定の位置に位置するように吊り下げられた状態で取り付けられている。支持部材 4 8 は、図 3 に示されているように、一対の側板 4 8 a 及び下板 4 8 b を有する部材であり、下板 4 8 b の上部にレーザ干渉計 4 7 が載置・固定されている。尚、このレーザ干渉計 4 7 は、Y 軸方向の位置計測用のものが示されているが、X 軸方向の位置計測用のレーザ干渉計もこのレーザ干渉計 4 7 と同様に配置されている。

〔0054〕 レーザ干渉計 4 7 は、波長安定化されたレーザ光源から射出されたレーザビームをビームスプリッタで 2 つに分割し、分割された一方のビーム（検出光）DL1 を Z ステージ 3 0 の反射鏡 3 2 に照射し、他方のビーム（参照光）を投影光学系 PL 等の固定部分に設置した参照鏡（不図示）に照射し、各々反射したビームを干渉させ、その干渉信号から Z ステージの X 軸方向又は Y 軸方向の位置を精密に測定する装置である。

〔0055〕 なお、レーザ干渉計 4 7 の計測精度を向上するため、ほとんど熱膨張しない基準部材の長さを別途隣接して設けられた校正用のレーザ干渉計で計測して、校正用のレーザ干渉計によって計測された基準部材のみかけの寸法と、基準部材の絶対寸法の差に基づいて、計測用のレーザ干渉計の計測結果を補正することにより、光路の屈折率変化による誤差を補償するようにしてもよい。また、この構成のレーザ干渉計に対しても本発明を適用して同様の効果を得るようにしてもよい。

〔0056〕 ウエハ W の表面の投影光学系 PL の像面に対する合わせ込みを行うための AF（オートフォーカス）装置は、ウエハ W の表面に斜め方向から AF 用の検出光 DL2 を照射する送光光学系 4 9 及び該検出光 DL2 のウエハ W の表面での反射光を受光する受光光学系 5 0 を備えて構成されている。これらの送光光学系 4 9 及び受光光学系 5 0 は、図 2 に示されているように、支持部材 4 3 の先端部近傍に取り付けられている。

〔0057〕 送光光学系 4 9 は、赤色又は赤外域に帯域を有するブロードバンドな光を射出する発光部、その他にスリット、レンズ、ミラー、開口絞り等を備えて構成され、スリット状に規定された検出光 DL2 をウエハ W の表面に対して斜めに投射する。このとき当該スリットの像がウエハ W 上に結像される。そのス

リット像の反射光DL2は、固定ミラー、レンズ、振動ミラー、角度可変の平行平板ガラス（プレーンパラレル）、検出用のスリット、当該スリットを透過してくるスリット像の光束を光電検出するフォトマルチプライヤ等を備えて構成される受光光学系50に入射される。

【0058】 受光光学系50が出力する検波信号は、通常は、ウエハWの表面が投影光学系PLのベストフォーカスに一致しているときに零レベルとなるように設定されており、その状態からウエハWが光軸AXに沿って上方へ偏位しているときは正レベルとなり、逆方向に偏位しているときは負レベルとなるようなアナログ信号として出力される。不図示のAF制御装置は、検波信号が零レベルになるように、Zステージ30を変位させるアクチュエータを適宜に駆動することにより、ウエハWの自動焦点合わせを行うことができる。

【0059】 また、この露光装置の環境チャンバは、サイドフロー型の空調系を備えている。この空調系は不図示の送風ダクトが接続された送風口51及び排気ダクトが接続された排気口（不図示）を備えて構成され、送風口51は、環境チャンバの下部空間（ウエハ室）を構成する部分の上下に渡って配設されており、送風口51から投影光学系PLの光軸に略直交する方向（水平方向）に沿って空気流が吹き出される。なお、本例では環境チャンバの空調系をサイドフロー型としたが、例えばダウフロー型を用いてもよい。この場合、送風口51を架台42の下面に設置し、さらに必要に応じて不図示の送風ダクトを分岐して、投影光学系PLとウエハWとの間に空気流を送り込むための送風口を設けてもよい。

【0060】 この空調装置は、クリーンルーム内に浮遊する異物（ゴミ）、硫酸イオンやアンモニウムイオン等を除去するため、HEPA（またはULPA）フィルター、及びケミカルフィルターを備えており、環境チャンバの内部空間にそのような異物が進入するのが防止されるようになっている。

【0061】 送風口51から吹き出された空気流は水平方向に流れて、環境チャンバの下部空間の該送風口51に対向する側板の上下に渡って配設された不図示の排気口から外部に排出されるようになっている。

【0062】 送風口51の近傍には、該送風口51から供給される空気の温度を検出する第1温度センサ52が設けられており、図5に示されているように、

第1温度センサ52の検出結果は、マイクロコンピュータ等から構成される温度制御装置53に入力され、温度制御装置53は温度センサ52による検出結果に基づいて、空調装置54を制御し、送風する空気の温度を調整するようになっている。尚、図5において、55は環境チャンバであり、61は送風ダクトである。

〔0063〕 図2において、送風口61から送風された空気は、レーザ干渉計47の後方から、該レーザ干渉計47の検出光DL1の光路に沿って流れ、ウエハWと投影光学系PLの間の部分（AF装置49、50の検出光DL2の光路が配置されている）を通過して、不図示の排気口から排出される。排出された空気の大部分は、ケミカルフィルタなどを介して空調装置54に戻され、環境チャンバ55内で循環される。

〔0064〕 このとき、例えば、架台42にはプリント回路基板等の発熱体が設置されており、これらからの熱が架台42を介して、レーザ干渉計47の支持部材48やAF装置49、50の支持部材43に回り込むと、これらの支持部材43、48の周囲の温度が高くなり、空調装置54による送風によっても、レーザ干渉計47の検出光DL1の光路やAF装置49、50の検出光DL2の光路上に温度揺らぎが生じてしまうおそれがある。

〔0065〕 そこで、この実施形態では、以下のように対策している。即ち、レーザ干渉計47を支持する支持部材48の架台42側の基端部には、図2及び図3に示されているように、複数のヒートシンク（熱交換部材）56が取り付けられている。この実施形態では、支持部材48の一对の側板48aのそれぞれを挟み込むように、4つのヒートシンクが取り付けられている。

〔0066〕 また、AF装置49、50を支持する支持部材43のフランジ部43aには、複数のヒートシンク57が取り付けられている。このヒートシンク57は、フランジ部43aに所定の角度ピッチで複数取り付けられている。尚、ヒートシンク57としては、環状に形成された単一のものを採用してもよい。

〔0067〕 ヒートシンク56、57の構成は、図4a及び図4bに示されている。この実施形態のヒートシンク56、57は、全体はアルミや銅等の熱伝導性が良好な材料からなるブロック58で構成され、その内部に温調液体を流す流路59が形成されている。ブロック58には、流路59内に液体を供給するため

の液体供給口 58 a 及び流路 59 内の液体を排出するための液体排出口 58 b が形成されている。流路 59 内には、金属の発泡体やフィンレイなどの乱流促進体を兼ねた拡大伝熱体 60 が設置されていて、液体とブロック 58 との間の熱抵抗を最小にするようになっている。図 4 では液体供給口 58 a 及び液体排出口 58 b が設けられている面と反対の下面が設置面である。

【0068】 このようなヒートシンク 56, 57 の液体供給口 58 a 及び液体排出口 58 b には、図 5 に示されているように、それぞれ液体温調装置 62 に接続された配管 63, 64 が接続されており、液体温調装置 62 から温度調節された液体が供給され、ヒートシンク 56, 57 を介して支持部材 43, 48 との間で熱交換を行って、液体温調装置 62 に戻されるようになっている。循環される液体としては、特に限定されず、例えば、フロリナート（商品名）を採用することができる。

【0069】 なお、各ヒートシンク 56, 57 に対して、液体温調装置 62 にそれぞれ並列的に配管を接続して液体を独立的に循環供給するようにしても勿論よいが、各ヒートシンク 56, 57 のうちの全部又は一部を直列に配管で接続して液体を一括的に循環供給するようにしてもよい。本実施形態では、支持部材 48 についての複数のヒートシンク 56 を直列に接続して液体温調装置 62 から各ヒートシンク 56 に一括的に液体を供給する第 1 液体循環系と、支持部材 43 についての複数のヒートシンク 57 を直列に接続して液体温調装置 62 から各ヒートシンク 57 に一括的に液体を供給する第 2 液体循環系の 2 系統を設けている。この場合、液体温調装置 62 は、各系統毎に液体の温度を調整することができる。

【0070】 各支持部材 43, 48 には、該支持部材 43, 48 の温度を検出する第 2 温度センサ 65, 66 が設けられており、第 2 温度センサ 65, 66 の検出結果は、温度制御装置 53 に入力される。温度制御装置 53 は温度センサ 65, 66 による検出結果に基づいて、液体温調装置 62 を制御し、供給する液体の温度を調整するようになっている。尚、温度センサ 65 は、支持部材 43, 48 にではなく、ヒートシンク 56, 57 に取り付けてもよい。

【0071】 温度制御装置 53 は、送風口 51 の近傍に設けられた第 1 温度センサ 52 による送風空気の温度が予め決められた所定の温度（例えば、20℃）

となるように、空調装置 5 4 を制御するとともに、支持部材 4 8、4 3 に取り付けられた第 2 温度センサ 6 5、6 6 による支持部材 4 8、4 3 の温度が当該所定の温度（20℃）となるように、液体温調装置 6 2 を制御する。

〔0072〕 なお、温度制御装置 5 3 による空調装置 5 4 及び液体温調装置 6 2 の制御は、上記に限られず、第 1 温度センサ 5 2 による送風空気の温度が予め決められた所定の温度（例えば、20℃）となるように、空調装置 5 4 を制御するとともに、第 2 温度センサ 6 5、6 6 による支持部材 5 6、5 7 の温度が第 1 温度センサ 5 2 による送風空気の温度と一致するように、液体温調装置 6 2 を制御するようにできる。また、これと反対に、第 2 温度センサ 6 5、6 6 による支持部材 5 6、5 7 の温度が予め決められた所定の温度（例えば、20℃）となるように、液体温調装置 6 2 を制御するとともに、第 1 温度センサ 5 2 による送風空気の温度が第 2 温度センサ 6 5、6 6 による支持部材 4 8、4 8 の温度と一致するように、空調装置 5 4 を制御するようにしてもよい。

〔0073〕 また、送風空気の温度を検出する第 1 温度センサ 5 2 と同様の温度センサをレーザ干渉計 4 7 の検出光 D L 1 の光路の近傍に、あるいは A F 装置 4 9、5 0 の検出光 D L 2 の光路の近傍に設けて、該当する部分を流れる空気の温度を検出し、これらの検出結果に基づいて、温度制御装置 5 3 によって上記と同様の制御を実施するようにしてもよい。この場合において、検出光 D L 1 の光路の近傍に設けられた温度センサの検出結果に基づいて、液体温調装置 6 2 による前記第 1 液体循環系の液体温度を制御し、検出光 D L 2 の光路の近傍に設けられた温度センサの検出結果に基づいて、液体温調装置 6 2 による前記第 2 液体循環系の液体温度を制御するようにできる。即ち、支持部材 4 8 と支持部材 4 3 のそれぞれの温度を独立的に制御するようにできる。

〔0074〕 なお、図 2 において、6 8 は架台 4 2 のウエハ室側の面に取り付けられた断熱部材であり、架台 4 2 の露出面からウエハ室に熱が放出されることを防止するために設けられている。

〔0075〕 本実施形態によると、送風口 5 1 からの送風空気、即ち、支持部材 4 3、4 8 の周囲の温度と支持部材 4 3、4 8 の温度がほぼ一致することになり、レーザ干渉計 4 7 の検出光 D L 1 の光路や A F 装置 4 9、5 0 の検出光 D L

2の光路に温度揺らぎ（屈折率の動的変化）が発生することが少なくなる。従って、レーザ干渉計47やAF装置49、50の検出値の精度を向上することができる。

〔0076〕 これにより、ウエハWのXY方向の位置決めや走査移動、その表面の投影光学系PLの像面への合わせ込み等を厳密に行うことができるので、ウエハW上に転写形成されるパターンの精度を向上することができ、ひいては高性能で高信頼なマイクロデバイス等を製造することができるようになる。

〔0077〕 なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。従って、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

〔0078〕 上述した実施形態では、支持部材43、48の温度を調整する温度調節装置として、液体温調装置62及びヒートシンク56、57を備えたものについて説明しているが、支持部材43、48を冷却（又は加熱）することができる装置であればよく、例えば、ペルチェ効果を利用して発熱又は吸熱するペルチェ素子を用いることができる。上述したヒートシンクによるものと、ペルチェ素子を組み合わせたものを用いてもよい。

〔0079〕 また、上述した実施形態では、環境チャンバの架台42の水平部よりも下部のウエハ室について、本発明を適用した例を説明したが、レチクルステージ24の位置を計測するための計測装置27のレーザ干渉計の検出光の光路についても、温度揺らぎによる同様な問題が生じ得るので、上部のレチクル室についても同様に本発明を適用することが望ましい。また、レチクルRはそのパターン面の投影光学系PLの光軸方向の位置や傾斜量などがウエハWと同様に計測されることがあり、例えば前述のAF装置49、50と同一構成のAF装置、あるいはレーザ干渉計などが用いられるので、同様に本発明を適用することが望ましい。さらにXYステージ31が配置されるベース部材41が架台42とは分離して設けられる場合、架台42（投影光学系PL）とZステージ32との相対位置関係（投影光学系の光軸方向の間隔など）を検出するために、例えば架台42の下面に設置した反射面と、Zステージ30に45度で斜設した反射面とにレー

ザビームを照射するレーザ干渉計などが用いられるので、同様に本発明を適用することが望ましい。また、ウエハ上のアライメントマークなどを検出するオフアクシス方式のアライメント系は、特に光学系の少なくとも一部が金物などによって架台42に固定されるので、同様に本発明を適用することが望ましい。さらに、前述の実施形態では温度制御した空気をレーザ干渉計などの光路に送るものとしたが、例えば窒素あるいはヘリウムなどの不活性ガスを、その温度や圧力などを調整してウエハ室またはレチクル室などに供給する、即ちその内部を不活性ガスでパージする場合でも、同様に本発明を適用することが望ましい。

【0080】 上述した実施形態では、環境チャンバの内部に供給する気体を空気であるものとして説明したが、他の気体であってもよい。特に、光源として遠紫外光を射出するものを用いるような場合には、空気中の酸素による吸収を防止するため、窒素又はヘリウムを用いることが望ましい。

【0081】 上述した実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の縮小投影型露光装置に本発明を適用したものを説明したが、ステップ・アンド・リピート方式又はステップ・アンド・ステッチ方式の縮小投影型露光装置やミラープロジェクション・アライナーなど、いかなる方式の露光装置に対しても適用することが可能である。

【0082】 また、半導体素子や液晶表示素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、プラズマディスプレイ、薄膜磁気ヘッド、及び撮像素子（CCDなど）、マイクロマシン、DNAチップなどの製造に用いられる露光装置、及びレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。即ち、本発明は、露光装置の露光方式や用途等に関係なく適用可能である。

【0083】 上述した実施形態では露光用光源として、波長が248nmのKrFエキシマレーザを用いるものとしたが、これに限定されず、g線（波長436nm）、i線（波長365nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F₂レーザ（波長157nm）、Ar₂レーザ（波長126nm）等を採用することができる。また、X線（EUV光を含む）、あるいはイオンビームや電子線などの荷電粒子線を用いることもできる。さらに、YAGレーザ又は半導体レー

ザなどの高調波発生装置などを用いてもよい。例えば、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、エルビウム（又はエルビウムとイットリビウムの両方）がドープされたファイバーアンプで増幅し、さらに非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。尚、単一波長発振レーザとしてはイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いる。

〔0084〕 F。レーザを光源とする露光装置では一例として、照明光学系や投影光学系に使われる屈折光学部材（レンズエレメント）は全て蛍石とされ、環境チャンバ、照明光学系、及び投影光学系内の空気は、例えばヘリウムガスで置換される。また、レチクルは、蛍石、フッ素がドープされた合成石英、フッ化マグネシウム、 LiF 、 LaF_3 、リチウム・カルシウム・アルミニウム・フロライド（ライカフ結晶）又は水晶等から製造されたものが使用される。

〔0085〕 投影光学系は縮小系のみならず等倍系あるいは拡大系のいずれでもよい。さらに、投影光学系は屈折系のみならず反射屈折系あるいは反射系のいずれでもよい。

〔0086〕 本実施形態の露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光本体部に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージや基板ステージを露光本体部に組み込んで配線や配管を接続し、レーザ干渉計やAF装置を組み込んでその支持部材にヒートシンクや温度センサを取り付けて配管や配線を接続した上で光学調整し、別途空調装置を有する環境チャンバを組み立てて、当該露光本体部を当該環境チャンバ内に設置し、さらに総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

〔0087〕 本発明の実施形態に係る露光装置を用いてデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）を生産するには、まず、設計ステップにおいて、デバイスの機能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、マスク製作ステップにおいて、設計した回路パターンを

形成したマスクを製作する。一方、ウエハ製造ステップにおいて、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【００８８】 次に、ウエハプロセスステップにおいて、上記ステップで用意したマスクとウエハを使用して、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、組立ステップにおいて、ウエハプロセスステップにおいて処理されたウエハを用いてチップ化する。この組立ステップには、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。最後に、検査ステップにおいて、組立ステップで作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【００８９】 本発明によると、支持部材の温度と該支持部材が存在する周辺空間の温度をほぼ一致させることができるので、露光装置に備わるレーザ干渉計やＡＦ装置等の検出装置に当該温度揺らぎによる誤差を生じることが少なくなり、マスクの位置決め、基板の位置決めや姿勢制御、あるいはマスクと基板の同期移動を高い精度で行うことができるようになる。これにより、微細パターンを高精度で転写形成することができ、性能や信頼性の高いマイクロデバイス等を製造することができるようになるという効果がある。

【００９０】 本開示は、２０００年１２月２７日に提出された日本国特許出願第２０００－３９７２１３号に含まれた主題に関連し、その開示の全てはここに参照事項として明白に組み込まれる。

CLAIMS

1. 計測用光学系を介して被計測物体に対して計測用の光ビームを出射して該被計測物体の位置に関する情報を計測する計測装置と、

前記計測用光学系を保持する保持部材と、

前記保持部材の温度を調節する温度調節装置とを備えた露光装置。

2. 前記光ビームの光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置と、

前記気体供給装置による気体の温度と前記保持部材の温度とがほぼ一致するように、前記温度調節装置及び前記気体供給装置の少なくとも一方を制御する制御装置とを更に備える請求項1に記載の露光装置。

3. 前記被計測物体が配置される空間内で前記光ビームの光路に温度調節された気体を供給する気体供給装置を更に備え、前記計測用光学系を含む前記保持部材の少なくとも一部は前記空間内に設けられる請求項1に記載の露光装置。

4. 前記温度調節装置と前記気体供給装置との少なくとも一方を用いて、前記気体の温度と前記空間内に設けられる前記保持部材の少なくとも一部の温度とをほぼ一致させる請求項3に記載の露光装置。

5. 前記被計測物体は、パターンが形成されたマスクと前記パターンが転写される基板との少なくとも一方である請求項1に記載の露光装置。

6. 前記計測装置は、前記被計測物体が載置されるステージに前記光ビームを照射する干渉計を含む請求項5に記載の露光装置。

7. 前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系を更に備え、前記計測装置は、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサを含む請求項6に記載の露光装置。

8. 前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系を更に備え、前記計測装置は、前記被計測物体が載置されるステージに前記光ビームを照射する干渉計、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の

位置情報を検出するフォーカスセンサ、及び前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサの少なくとも1つを含む請求項5に記載の露光装置。

9. 前記投影光学系が載置される架台を更に備え、前記保持部材は前記架台に固定される請求項8に記載の露光装置。

10. 前記温度調節装置は、前記保持部材に取り付けられる熱交換部材と、前記熱交換部材の内部で温度調節された流体を循環させる循環装置とを有する請求項5に記載の露光装置。

11. 第1物体に照射される照明光を第2物体上に投射する投影光学系を備えた露光装置において、

前記投影光学系が固定される架台と、

前記架台に少なくとも一部が設けられ、被計測物体に対して計測用ビームを照射してその位置に関する情報を計測する計測装置と、

前記計測装置の前記架台に設けられた部分または当該部分を保持する保持部材の温度を調節する温度調節装置とを備えた露光装置。

12. 前記計測用ビームの光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置を更に備え、前記計測装置の前記架台に設けられた部分は前記空間内で前記保持部材に保持されるとともに、前記温度調節装置と前記気体供給装置との少なくとも一方によって、前記気体の温度と前記計測装置の前記架台に設けられた部分または当該部分を保持する保持部材の温度とをほぼ一致させる請求項11に記載の露光装置。

13. 前記被計測物体は、前記第1及び第2物体の少なくとも一方であるとともに、前記計測装置は、前記被計測物体が載置されるステージに前記計測用ビームを照射する干渉計、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサ、及び前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサの少なくとも一つを含む請求項12に記載の露光装置。

14. 前記計測装置は少なくとも前記干渉計を含み、前記干渉計は、前記投影光学系の光軸と直交する面内での前記ステージの位置情報と、前記光軸と平行な方向に関する前記投影光学系と前記ステージとの相対的な位置関係とを

検出する請求項 13 に記載の露光装置。

15. 第1物体のパターンを第2物体上に転写する露光装置において、計測用ビームを照射して被計測物体の位置に関する情報を計測する計測装置と、前記計測用ビームの光路を含む空間に温度調節された気体を供給する気体供給装置と、

前記計測装置の少なくとも一部を前記空間内で保持する保持部材と、

前記空間内で前記気体の温度と前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度とをほぼ一致させる温度調節装置とを備えた露光装置。

16. 前記被計測物体は、前記第1及び第2物体の少なくとも一方であるとともに、前記計測装置は、前記被計測物体が載置されるステージに前記計測用ビームを照射する干渉計を含む請求項15に記載の露光装置。

17. 前記保持部材は、前記ステージが配置されるベース部材とは分離して設けられる架台に固定される請求項16に記載の露光装置。

18. 前記第1物体のパターンを前記第2物体上に投影する投影光学系を更に備え、前記干渉計は、前記投影光学系の光軸と直交する面内での前記ステージの位置情報と、前記光軸と平行な方向に関する前記投影光学系と前記ステージとの相対的な位置関係とを検出する請求項16に記載の露光装置。

19. 前記第1物体のパターンを前記第2物体上に投影する投影光学系を更に備え、前記計測装置は、前記投影光学系の光軸と平行な方向に関する前記被計測物体の位置情報を検出するフォーカスセンサと、前記ステージ上のマークを検出するアライメントセンサとの少なくとも一方を含む請求項16に記載の露光装置。

20. 前記温度調節装置は、前記気体の温度と、前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度との両方を独立に調節可能である請求項16に記載の露光装置。

21. パターンを有する第1物体を介して照明光で第2物体を露光する方法において、

前記第2物体の位置情報の計測に用いられる計測用ビームの光路を含み、温度調節された気体が供給される空間内で、前記計測用ビームを射出する計測装置の

少なくとも一部または当該部分を保持する保持部材の温度と前記気体の温度とをほぼ一致させるとともに、前記計測された位置情報に基づいて前記第2物体を移動する露光方法。

22. 前記計測用ビームの光路又はその近傍で前記気体の温度を計測し、前記計測された温度に基づいて前記計測装置の少なくとも一部または前記保持部材の温度と前記気体の温度との少なくとも一方を調整する請求項21に記載の露光方法。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

レーザ干渉計を支持する支持部材に温度調節装置を取り付け、送風口から送風される空気の温度を温度センサで計測するとともに、支持部材の温度を温度センサで計測して、送風される空気の温度と支持部材の温度を一致させるようにして、レーザ干渉計の検出光の光路上の温度揺らぎの発生を抑制する。